

Tentamen KFKA10 Termodynamik och ytkemi, 2019-01-14

Tillåtna hjälpmedel: Miniräknare, utdelat formelblad och tabellblad.

Godkänt-del A (endast svar): max 14 poäng.

Godkänt-del B (motiveringar krävs): max 26 poäng.

Högrebetygs-del C: max 42 poäng.

För godkänt krävs 30 poäng (av 40) på del A+B.

Högre betyg avgörs av den sammanlagda poängen på del A+B+C.

Den som bara ska omtentera termodynamikdelen skippar uppgifterna 5, 7 och 17.

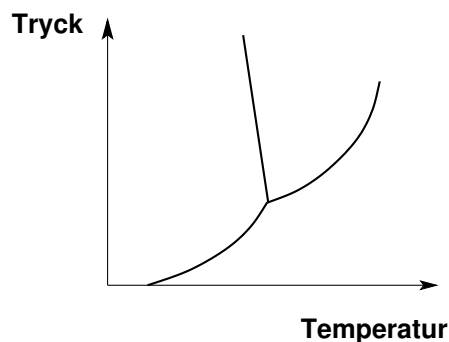
Anonymkod:

Personlig identifierare:

Godkänt-del A (uppgift 1–5)

På denna del krävs endast svar. Svara direkt på provbladet.

- Märk ut var och en av följande processer med en pil i det schematiska fasdiagrammet nedan. Var noga med att pilarna är antingen vertikala eller horisontella och att de passerar en fasgräns.
 - gas kyls vid konstant tryck så att den sublimerar
 - vätska förångas genom tryckminskning vid konstant temperatur
 - fast ämne komprimeras till vätska vid konstant temperatur



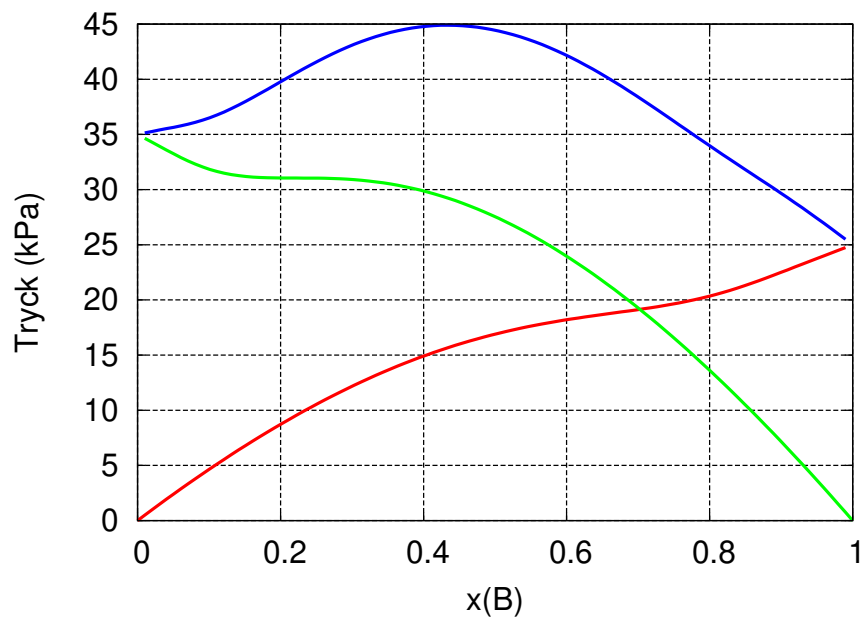
(2 p)

- Ange för vart och ett av följande påståenden om det alltid är sant, alltid är falskt, eller kan vara antingen sant eller falskt (kryssa då bägge rutorna).

(4 p)

sant falskt

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | I en spontan process i ett isolerat system ökar entropin. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | I en spontan process som sker vid konstant tryck och temperatur minskar entalpin. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Om $Z = 0.5$ så har gasen dubbelt så stor molvolym som en ideal gas vid samma tryck och temperatur. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | En isoterm expansion av en gas gör att trycket minskar. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | I en reversibel process som sker vid konstant tryck är $\Delta H = q$. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Saltvatten har högre ångtryck än rent vatten vid samma temperatur. |



3. Figuren ovan visar hur jämviktspartialtrycket av ämnena A och B , samt det totala ångtrycket, varierar med sammansättningen för en lösning (blandning) av A och B vid temperaturen 300 K. Antag att du tillreder en lösning av 3.0 mol A och 2.0 mol B vid denna temperatur. Avläs/beräkna ur diagrammet:

- (a) Det totala ångtrycket över lösningen: _____
 (b) Molbråket för B i ångan: _____
 (c) Aktivitetsfaktorn för B : _____
 (d) Fyll i rätt ord i de två luckorna: Lösningen uppvisar _____
 (positiv/negativ) avvikelse från Raoult's lag, vilket betyder att molekylerna trivs
 _____ (bättre/sämre) i lösningen än de gjort i en ideal lösning.

(3 p)

4. I denna uppgift använder vi den vanliga konventionen för tecknet på värme och arbete. Ange om följande storheter är positiva, negativa eller noll för systemet när en ideal gas **komprimeras...**

- (a) isotermt och reversibelt:

| | positiv | negativ | noll |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| q | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| w | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ΔU | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- (b) adiabatiskt och reversibelt:

| | positiv | negativ | noll |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| q | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| w | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ΔU | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

(3 p)

5. (a) Vad kallas ett sfäriskt aggregat av surfaktantmolekyler? _____

(b) Vad kallas en materialyta som ger hög kontaktvinkel för vatten? _____

(2 p)

Godkänt-del B (uppgift 6–11)

På denna del ska slutsatser motiveras och beräkningar redovisas. Tag för vana att alltid göra en rimlighetsbedömning.

6. Förklara kortfattat hur och varför fryspunkten för saltvatten skiljer sig från fryspunkten för rent vatten. För full poäng ska förklaringen innehålla begreppet *kemisk potential* i vätskan respektive den fasta fasen, men behöver inte innehålla ekvationer. (3 p)
7. Rita ett schematiskt diagram hur interaktionsenergin mellan två lika laddade kolloidpartiklar varierar med avståndet för en kinetiskt stabil suspension enligt DLVO-teorin. Förklara kortfattat med hjälp av diagrammet vad det innebär att den är kinetiskt stabil. Ange också, med ett eller två ord, den fysikaliska orsaken till var och en av de två termerna i DLVO-uttrycket. (3 p)
8. 2.60 mol syrgas vid starttemperaturen 350 K får svalna till 300 K under konstant tryck, 1.00 bar. Du får anta att gasen är ideal och att $C_{V,m} = 21.0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, oberoende av temperaturen.
- (a) Beräkna hur mycket värme som avges till omgivningen.
- (b) Beräkna ändringen i inre energi hos gasen. (5 p)
9. För en viss lösning av etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) i lösningsmedlet cyklohexan (C_6H_{12}) uppmättes vid temperaturen 298 K det osmotiska trycket till 4.25 bar (jämfört med ren cyklohexan). Beräkna molbråket för etanol i lösningen om den får antas vara idealt utspädd. Densiteten för cyklohexan är 778 kg/m^3 . (5 p)
10. Beräkna entropiändringen då 1.00 mol $\text{F}_2(\text{g})$, med $C_{p,m} = 31.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, går från tillståndet ($V_1 = 20.0$ liter, $T_1 = 298$ K) till tillståndet ($V_2 = 28.5$ liter, $T_2 = 320$ K). Du får anta ideal gas och att värmekapaciteten är oberoende av temperaturen. (5 p)
11. (a) Beräkna $\Delta_r G^\ominus$ för reaktionen

$$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$$
vid temperaturen 340 K om du vet att en jämviktsblandning av $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ och $\text{NO}_2(\text{g})$ med totaltrycket 2.50 bar har molbråket $x_{\text{NO}_2} = 0.617$ vid denna temperatur.
- (b) Om totaltrycket sänks, skulle x_{NO_2} öka, minska eller förbli oförändrat? Motivera svaret. (5 p)

Högrebetyg-del C (uppg 12–17)

Denna del behöver göras för att uppnå betygen 4 eller 5. *Observera* att det normalt endast ges delpoäng för lösningar som kommit ett stort steg närmare det efterfrågade resultatet, och då endast om studenten kan motivera hur en framkomlig väg ser ut. Alla slutsatser skall motiveras och antaganden och beräkningar redovisas. Tag för vana att alltid göra en rimlighetsbedömning.

12. En viss typ av primitivt ånglok kan, väldigt förenklat, tänkas drivas av en process där vatten värms från temperaturen 20°C , förångas vid 100°C och fortsätter värmas till temperaturen 150°C , allt under ett konstant tryck av 1.00 atm. Hur stor massa vatten måste genomgå denna process för att det utförda tryck-volymsarbetet ska bli 1.00 MJ (10^6 J) och hur mycket värme måste tillföras? Värmekapaciteten för flytande vatten är $C_{p,m} = 75.4\text{J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$ och för ånga $C_{p,m} = 33.6\text{J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$, och båda får approximeras att vara oberoende av temperaturen. Ångbildningsentalpin för vatten är 40.65 kJ/mol vid kokpunkten.

Kommentar: I bättre typer av ånglok tas givetvis mer av värmen tillvara, så att de fungerar mer som värmemaskiner, men det ska vi alltså inte använda här.

13. Vi återvänder till den kemiska jämvikten i uppgift 11 i del B. I tabellen nedan återfinns det uppmätta molbråket för NO_2 i jämviktsblandningen för fyra olika temperaturer. Totaltrycket hålls hela tiden vid 2.50 bar. Använd all denna data för att bestämma $\Delta_r H^\ominus$ och $\Delta_r S^\ominus$ för reaktionen under förutsättningen att de är oberoende av temperaturen.

| T (K) | x_{NO_2} |
|---------|-------------------|
| 300 | 0.218 |
| 320 | 0.408 |
| 340 | 0.617 |
| 360 | 0.799 |

(7 p)

14. Vid 25°C är andra virialkoefficienten för koldioxid $B = -1.23 \cdot 10^{-4}\text{ m}^3/\text{mol}$ och högre ordningens koefficienter kan försummas i denna uppgift.

- Beräkna arbetet som åtgår för att isotermt och reversibelt komprimera 2.00 mol koldioxid från startvolymen 5.00 liter till slutvolymen 1.00 liter vid temperaturen 25°C .
- Kommer den värmemängd som avges under processen att vara större, mindre eller lika stor som det tillförda arbetet? Motivera svaret.
- Hur skulle du kunna räkna ut denna värmemängd om du hade fler termodynamiska data för koldioxid, t.ex. C_V , C_p , π_T , μ_{JT} , α , κ_T (för lämpliga temperaturer och volymer). Svara gärna med ett explicit uttryck.

(7 p)

15. Vi återvänder nu till den icke-ideala lösningen i uppgift 3. Antag att aktivitetsfaktorerna γ_A och γ_B är oberoende av temperaturen. De normala kokpunkterna för de rena ämnena A och B är 341 K respektive 367 K.

- Bestäm den normala kokpunkten för samma lösning som tidigare (alltså en blandning av 3.00 mol A och 2.00 mol B).
- Skissa utifrån din beräkning ett diagram över hur kokpunkten beror på vätskans sammansättning, och märk ungefärligt ut eventuella stationära punkter. Ange även vad en sådan punkt kallas. *Om du inte lyckats beräkna kokpunkten i a) exakt, så motivera diagrammets utseende kvalitativt.*

(7 p)

16. I ett osmoskraftverk utvinns man elektricitet ur processen att blanda flodvatten med havsvatten. I denna uppgift ska du beräkna hur mycket arbete det *teoretiskt* går att utvinna ur den processen, genom att beräkna ändringen i Gibbs energi för en exempelprocess där 1.00 m^3 av en vattenlösning av NaCl (4.00 massprocent NaCl) blandas med 1.00 m^3 rent vatten, under antagandet att alla lösningar är ideala.
Ledning: Använd en termodynamisk cykel som involverar ett hypotetiskt tillstånd där vattenmolekyler, Na-joner och Cl-joner är helt åtskilda. (7 p)
17. I ett projekt som studerar hur molnbildning påverkas av luftföroreningar lät man ett instrument registrera storleken på de droppar som bildas i ett område som var övermättat på vattenånga. Man fann att endast vattendroppar med en radie på minst 19 nm kunde observeras, och drog därför slutsatsen att mindre droppar än så omedelbart förångas. Vattnet i dropparna hade p.g.a. en förorening lägre ytspänning (55 mN/m) jämfört med rent vatten (72 mN/m). Vi kan anta att föroreningen är ett lösligt salt med formeln NaX, där X^- är en anjonisk surfaktant. Temperaturen i området var 275 K och vid den temperaturen är vattnets termodynamiska ångtryck 5.3 torr. Ångtryckssänkningen p.g.a. Raoult's lag får försummas eftersom koncentrationen av NaX var låg.
- (a) Beräkna partialtrycket för vattenånga i det studerade området?
- (b) Hur många surfaktantjoner X^- kan förväntas vara adsorberade till ytan i varje droppe med radien 19 nm? (7 p)